

## ユーラス肝付ウインドファーム 風車破損事故

### 1. 設備概要と事故概要

#### 1-1. 設備概要

- 所在地：鹿児島県肝付郡肝付町
- 定格出力：30,000kW(2,000kW x 15基)
- 運転開始：2011年3月18日

#### 1-2. 風車発電設備概要

- 型式：JSW製 J82-2.0
- 出力：2,000kW
- 回転数：19rpm
- ロータ直径：直径83.3m(取付位置：地上65m)

#### 1-3. 事故概要

- 推定時刻：2016年9月20日(火)0:30頃  
(現時点で事故発生時刻の特定は出来ない)
- 状況：4号機/タワー座屈、8号機/タワー座屈、  
10号機/ブレード3本折損、13号機/ブレード1本折損

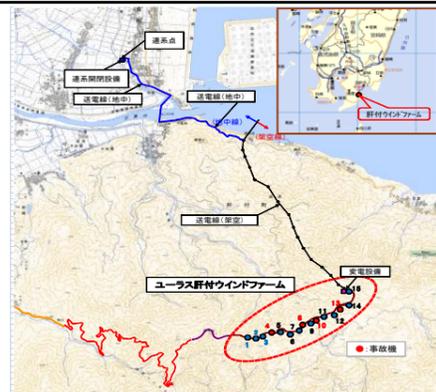


図1-1 肝付WF サイト周辺図



図1-2 4号機破損状況



図1-3 8号機破損状況



図1-4 10号機破損状況



図1-5 13号機破損状況

#### 1-4. ブレード飛散およびタワー座屈状況

10号機、13号機のブレードの破片が飛散した概ねの位置および4号機、8号機のタワーの座屈方向を図1-6に示す。10号機、13号機のブレードは複数の破片になって飛散しており、10号機のブレード1本は基礎横に落下。タワーが座屈した4号機はブレード3本が風車周辺に落ちている。8号機はブレードがハブにつながったままナセルごと落下しており、飛散した状況は確認されていない。

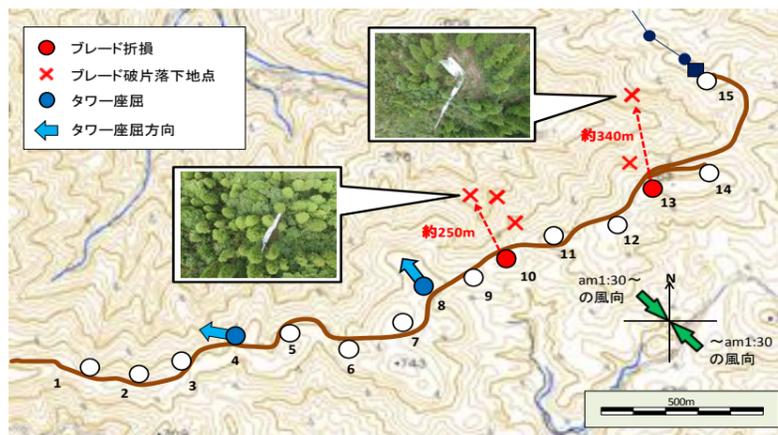


図1-6 ブレード飛散およびタワー座屈状況

#### 1-5. その他の風車破損状況

事故概要で説明した4号機、8号機、10号機、13号機を除いた他の風車において、ヨー駆動システムが破損した風車が合計5基確認された。

### 2. 事故発生時の運転状況

#### (1) 4号機

- 事故発生前の運転データ(1秒データ：9月20日午前0時11分～0時37分)とアラームログより、以下のことが確認された。
- グラフ表示期間の風速データより、風速の平均値は59.3m/s、風速の最大値は80.0m/s(0:32:27)であった。(①)
  - ブレードピッチ角データは3枚ともフェザリング位置(90deg)であったが、0:33:14に3番翼が309.2degに(②)、0:35:19に1番翼が-56.1deg(③)に動作している(ピッチ指令値は90degを保持)。
  - ロータ回転数データは5rpm以下の状態であったが、0:35:12に最大11.01rpmまで上昇した。
  - 風向データは140～160deg程度で安定していた。
  - ナセル方向データは300～340deg程度を保っており、ストームモードでダウンウインドの状態が保たれていた。
  - 0:35頃から風向データには乱れがあり、160～200deg程度で通信が切断されている。(⑤)
  - 通信切断直前にナセル方向データは約360deg一定値となっている。

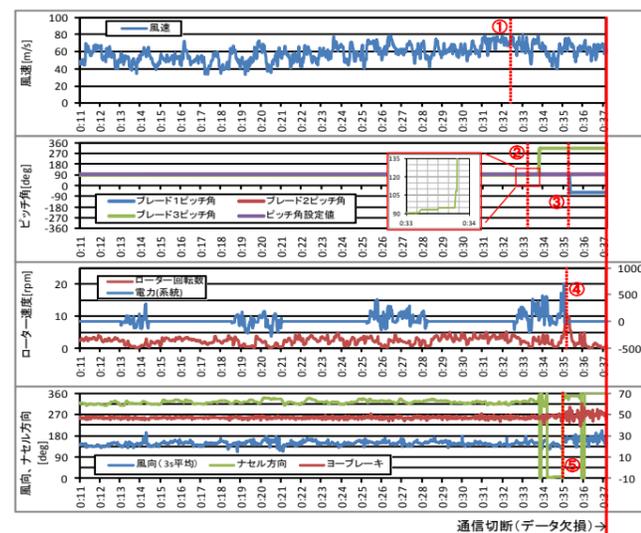


図2-1 4号機運転データ

表2-1 4号機アラームログ

時刻	状況
9/19 18:34:47	カットアウト動作
9/19 19:07:31	ストームモードへ移行
9/19 23:44:20	コンバータエラー発生(9/20:0:35まで継続)
9/19 23:58:19	手動停止
9/20 0:33:14	3番翼のピッチがフェザリングからファインと逆方向(90deg⇒309.2deg)に動きはじめ、3番翼にピッチエラーが発生。
9/20 0:33:49	ヨーミスアライメント発生
9/20 0:34:48	ヨーモータのサーマルリレー動作
9/20 0:35:06	オーバースピードリレー動作(同時刻にセーフティチェーン動作)⇒約10rpm程度と検出レベル(26rpm)以下の状況
9/20 0:35:19	1番翼のピッチがフェザリングからファイン方向(90deg⇒-56.1deg)に動きはじめ、1番翼にピッチエラーが発生。
9/20 0:37:06	油圧ポンプ動作時間超過
9/20 0:37:21	通信切断

#### (2) 8号機

- 事故発生前の運転データ(1秒データ：9月20日午前0時11分～0時37分)とアラームログより、以下のことが確認された。
- グラフ表示期間の風速データより、風速の平均値は58.6m/s、風速の最大値は88.4m/s(0:31:28)であった。(①)
  - ブレードピッチ角データは3枚ともフェザリング位置(90deg)であったが、0:15:48に3番翼が214.1degに(②)、0:26:07に2番翼が67.5deg(③)に動作している。その後、2番翼は0:30:05に90degに復旧した(④)
  - ロータ回転数データは、0:29:53に最大9.17rpmまで上昇した。
  - 風向データは0:16～0:24頃までは120～150deg程度で安定していた。その後0:24:15から80～100deg程度に変化し(⑦)、0:25:46から風向が0～360degを繰り返す不安定な状態となっている(⑧)。
  - ナセル方向は0:25:46から風向データが大きく乱れる(⑧)まではダウンウインドの状態を維持していた。風向データが乱れた後はナセル方向は一定値となっている。

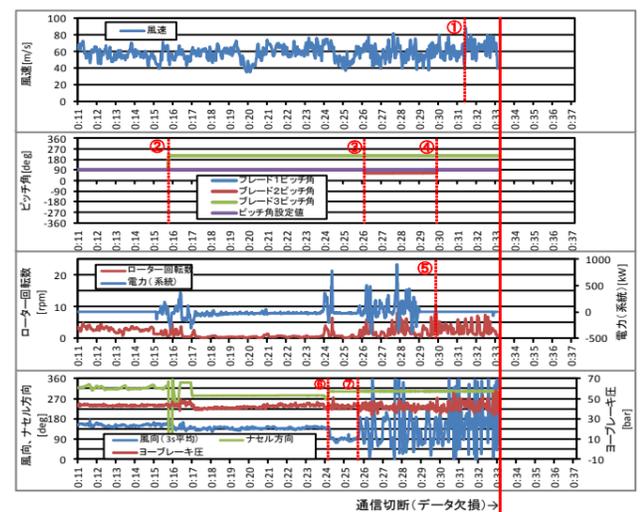


図2-2 8号機運転データ

表2-2 8号機アラームログ

時刻	状況
9/19 20:48:00	カットアウト動作
9/19 19:10:00	ストームモードへ移行
9/20 0:08:10	コンバータエラー発生
9/20 0:11:10	3番翼のピッチがフェザリングからファインと逆方向(92.2deg⇒214.1deg)に動きはじめ、3番翼にピッチエラーが発生。
9/20 0:16:21	ヨーミスアライメント発生
9/20 0:18:05	ヨーモータのサーマルリレー動作
9/20 0:18:19	ヨーセンサー故障
9/20 0:26:07	2番翼のピッチがフェザリングからファイン方向(90deg⇒67.5deg⇒90deg)に動きはじめ、2番翼にピッチエラーが発生。
9/20 0:32:52	油圧システムの油圧レベル低下
9/20 0:32:58	ナセル振動センサー動作(同時刻にセーフティチェーン動作)
9/20 0:33:18	通信切断

#### ※ストームモード

ロータを風下側に向け、ピッチ角はフェザリングにある状態。ロータの回転は停止している状態となる。3秒平均風速が40m/s(或いは10分間平均が35m/s)を超えるとフェザリング状態で、ロータを風下へ向けるストームモードとなる。

(3) 10号機

- 事故発生前の運転データ(1秒データ:9月20日午前0時11分~0時37分)とアラームログより、以下のことが確認された。
- ・ グラフ表示期間の風速データより、風速の平均値は53.6m/s、風速の最大値は73.7m/s(0:21:46)であった。(①)。
  - ・ ブレードピッチ角データは3枚ともフェザリング位置(90deg)であったが、0:17:16に3番翼が194.2degに動作し(②)、その後3番翼が0:23:06から108.2degへ動作、1番翼が0:23:05に-20.1degに動作している(③)。
  - ・ ローター回転数データは、0:21:48に最大8.43rpmであった。
  - ・ 風向データは0:17:50までは120~160deg程度で安定していたが、0:17:50から0~360degを繰り返す不安定な状態となっている(⑤)。
  - ・ ナセル方向データは0:17:19までは310~330deg程度で安定しダウンウインドの状態を保っていたが、0:17:19から0~360degを繰り返す不安定な状態となっている。(⑥)
  - ・ ヨーブレーキは0:17:48までは40~45bar程度の油圧を維持していたが、そこから急激に油圧が低下し、0:18:12以降は0barになっている。(⑥)

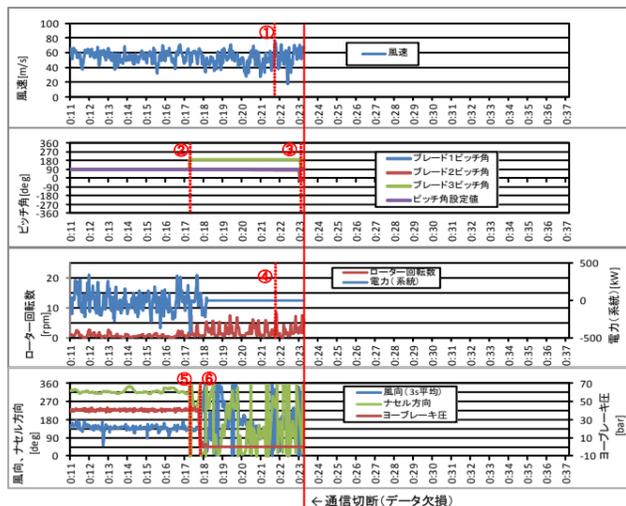


図2-3 10号機運転データ

表2-3 10号機アラームログ

10号機	
時刻	状況
9/19 19:04:30	カットアウト動作
9/19 21:12:44	ストームモードへ移行
9/20 0:10:52	3番翼のピッチがフェザリングからファインと逆方向(90deg⇒194.2deg)に動きはじめ、3番翼にピッチエラーが発生。
9/20 0:17:22	コンバータエラー発生
9/20 0:17:24	ヨーミスアライメント発生
9/20 0:18:11	オーバースピードリレー動作 (同時刻にセーフティチェーン動作) ⇒約5rpm程度と検出レベル(26rpm)以下の状況
9/20 0:18:18	変圧器地絡リレー動作⇒RMU遮断
9/20 0:23:06	ナセル振動センサー動作 (同時刻にセーフティチェーン動作)
9/20 0:23:10	油圧システムの油圧レベル低下
9/20 0:23:24	通信切断

(4) 13号機

- 事故発生前の運転データ(1秒データ:9月20日午前0時11分~0時37分)とアラームログより、以下のことが確認された。
- ・ グラフ表示期間の風速データより、風速の平均値は55.8m/s、風速の最大値は89.4m/s(0:34:39)であった。(①)
  - ・ ブレードピッチ角データは3枚ともフェザリング位置(90deg)であったが、0:24:17に1番翼が225.4degに(②)、0:32:35に3番翼が34.3deg(③)に、0:34:43に-176.9degに動作している(④)。ピッチ指令値は90degを保持。
  - ・ ローター回転速度データは、0:34:56に最大19.61rpmであった(⑤)。
  - ・ 風向データは0:32:13までは120~180deg程度の範囲で変動していた(⑦)。それ以降は260~340deg程度の範囲に移行し、0:35:53以降は306.5deg一定値となっている。
  - ・ ナセル方向データは0:24:21までは320~340deg程度を保っており(⑥)、その後0:32:12までの間は変動が大きくなったが280~360deg程度の範囲でダウンウインドの状態が保たれていた(⑦)。0:32:12以降は風向の変化に合わせてナセル方向も変化し、0:35:53以降は86.7degで一定値となっている。

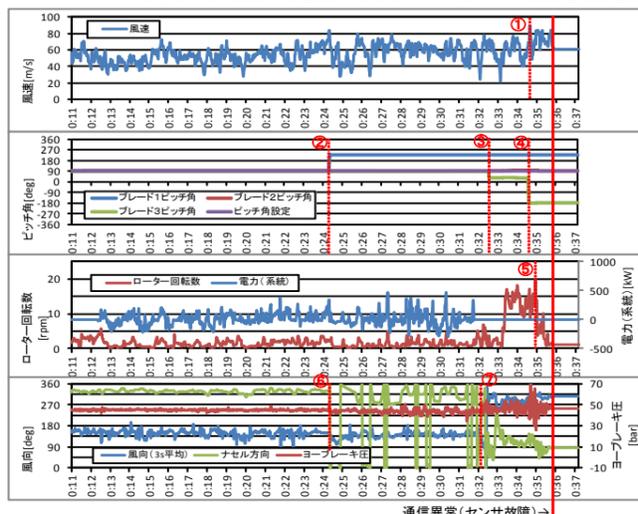


図2-4 13号機運転データ

表2-4 13号機アラームログ

13号機	
時刻	状況
9/19 21:32:50	カットアウト動作
9/19 21:33:24	ストームモードへ移行
9/19 21:51:46	コンバータエラー発生
9/19 22:59:20	ストームモード解除
9/19 22:59:40	ストームモードへ移行
9/20 0:24:17	1番翼のピッチがフェザリングからファインと逆方向(90deg⇒225.4deg)に動きはじめ、1番翼にピッチエラーが発生。
9/20 0:28:00	ヨーモータのサーマルリレー動作
9/20 0:32:35	3番翼のピッチがフェザリングからファイン方向(90deg⇒-173.2deg)に動きはじめ、3番翼にピッチエラーが発生。
9/20 0:33:47	2番翼にピッチエラーが発生
9/20 0:35:53	ナセル振動センサー動作
9/20 0:35:55	ピッチ制御装置との通信異常
9/20 0:36:24	ヨーセンサー故障
9/20 0:37:55	風向計故障
9/20 0:45:55	風速計故障

(5) 事故時の風速

肝付WFにおいて、事故時にナセル風速計で計測された風速の最大値は以下の通りであった。  
 最大風速(10分平均): 76.9m/s、2016年9月20日、0:40 (12号機)  
 最大瞬間風速(3秒平均): 92.0m/s、2016年9月20日、0:44:30 (11号機)

3. 現時点までにおける事故調査状況

社外専門家を含めた「ユーラス肝付ウインドファーム風車破損事故調査委員会」を設置し、現地調査および委員会を開催し、事故原因を究明中。現時点において、事故原因の特定には至っていない。

1) 風速の精査結果

ナセル風速計の計測レンジが0.5~50m/sであるため、50m/sを超える計測値の精度確認を実施した。風洞試験の結果、80m/s以下の風速域における誤差は最大3.5%であり、大凡、メーカーの示す風速計精度の範囲(±3%)であることを確認した。また、風速80m/sを超える風速域での風速計の精度確認を補完する目的で、風速計主轴に直接回転機を接続し風速計パルス信号出力周波数の妥当性について検証し、換算風速80m/sを超える風速域においても、回転速度と一致したパルスが出力されていることが確認できた。以上より、今回ナセル風速計で計測された風速データは適切な値と判断した。

2) 風応答解析

破損した各風車を対象に、ログデータ、並びに風応答解析によるピッチブレーキ位置での発生トルク、翼根元に作用した荷重等について解析を実施しており、解析結果による破損メカニズムの推定を継続実施する。

3) 各部位・機器の性能・品質

・タワー・ブレードに係る設計、製造時の品質管理結果、保守状況を確認した結果、現時点で異常がないことを確認できた。  
 ・ピッチ、ヨーシステムの設計について、各機器・部位の強度が安全率を確保できていることを確認しており、保守の品質管理状況については、定期点検時に所定の検査・対応を行い、全て異常がないことを確認している。  
 一方、1回/30日の頻度で実施されるピッチブレーキのテスト結果は、8号機(3軸)、9号機(2軸)、13号機(1軸)については、不良であった。なお、8号機(3軸)、13号機(1軸)については、今回の台風通過時にピッチ角エラーが発生しており、ピッチ角エラーが発生していたブレードは、合計17軸(11基)であった。

4. 今後の方針

事故原因(ピッチ及びYawの挙動の影響等)の特定、再発防止策の策定に繋げる為に、風応答解析によるタワー座屈時、ブレード折損時に作用した荷重の算出、機械的耐力の評価を継続。併せて破損風車の解体・飛散翼の回収工事を実施(破損機器、部位の観察・立会いも実施)し、破損機器は工場にて分解調査、また他号機の健全性調査、再発防止策の策定・展開を検討する。原因究明及び再発防止策の策定には不確定要素が含まれるが、現時点での目標工程を図4-1に示す。

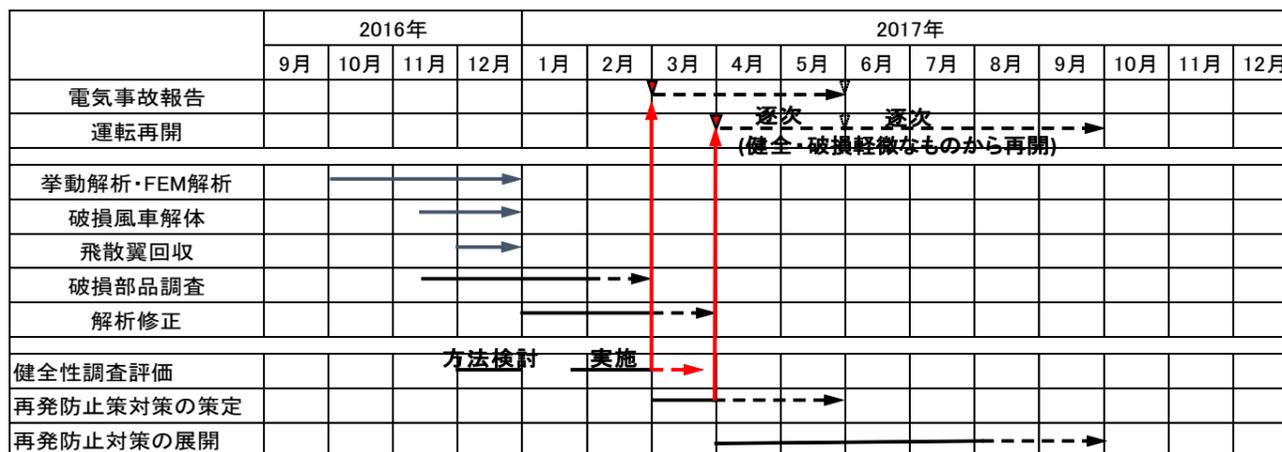


図4-1 肝付WF 事故原因究明及び対策 目標工程